

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-283955

(43)Date of publication of application : 31.10.1997

(51)Int.CI.

H05K 7/20
C08K 7/06

(21)Application number : 08-088348

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC WORKS
LTD

(22)Date of filing : 10.04.1996

(72)Inventor : KAJITA SUSUMU

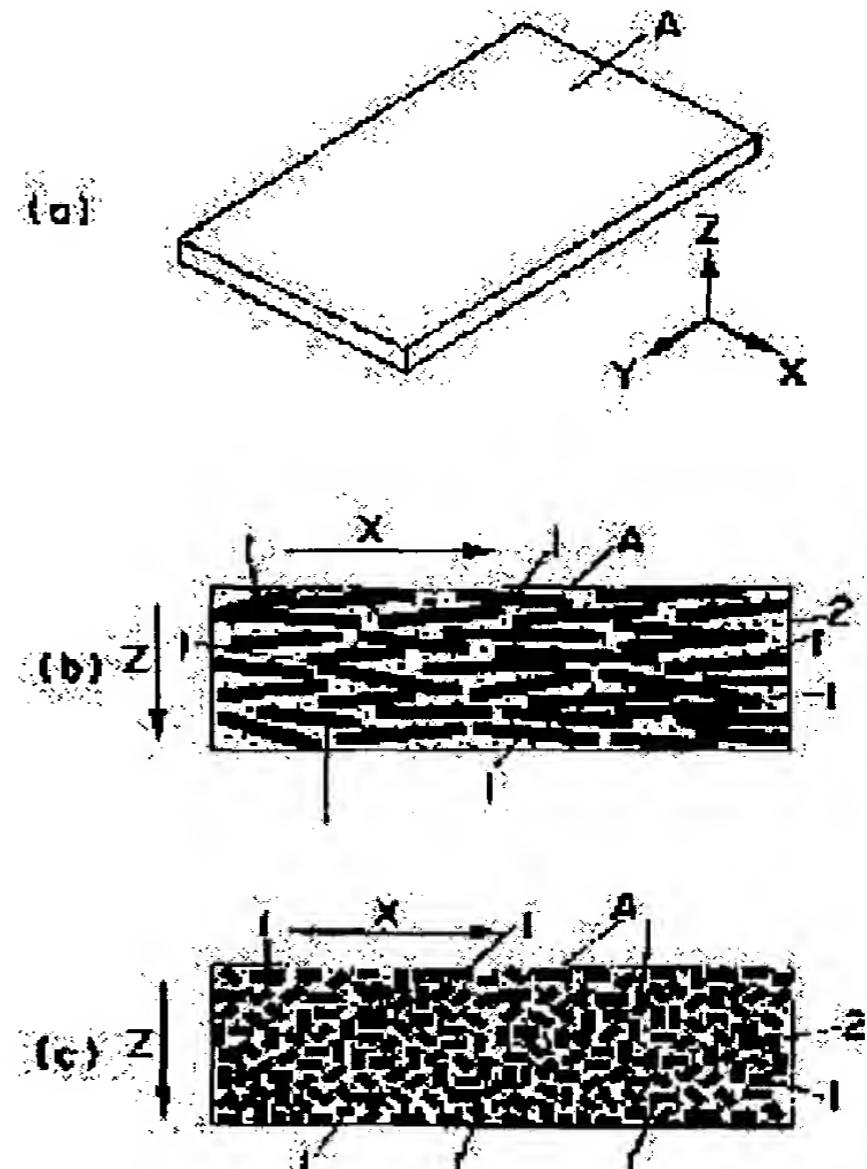
(54) HEAT RADIATION SHEET

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a heat radiation sheet of high heat conductivity.

SOLUTION: A graphite carbon fiber 1 whose average aspect ratio is below 3 is dispersed in a matrix resin 2 to form a heat radiation sheet A. The graphite carbon fiber 1 can be dispersed in the matrix resin 2 so that its fiber longitudinal direction gets in random direction.

As a result, though there is anisotropy in heat conductivity in the graphite carbon fiber 1, the heat radiation sheet A whose heat conductivity in its thickness direction is equal to that in its surface direction perpendicular to the thickness direction is obtained.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-283955

(43)公開日 平成9年(1997)10月31日

(51)Int. C1.⁶

H 0 5 K 7/20
C 0 8 K 7/06

識別記号

庁内整理番号

F I

H 0 5 K 7/20
C 0 8 K 7/06

技術表示箇所

F

K C J

審査請求 未請求 請求項の数 2

O L

(全6頁)

(21)出願番号

特願平8-88348

(71)出願人 000005832

松下電工株式会社

大阪府門真市大字門真1048番地

(22)出願日 平成8年(1996)4月10日

(72)発明者 梶田 進

大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株式会社内

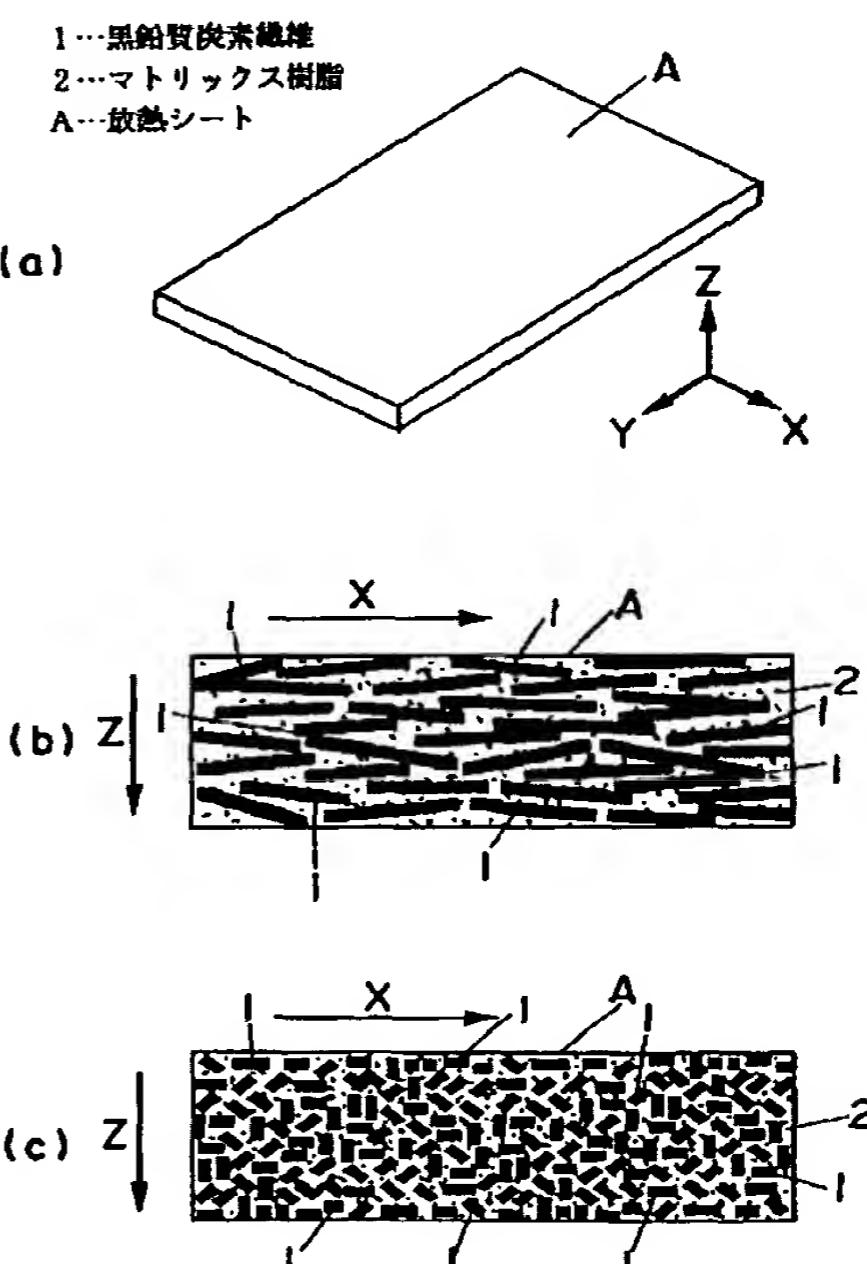
(74)代理人 弁理士 石田 長七 (外2名)

(54)【発明の名称】放熱シート

(57)【要約】

【課題】 热伝導性の高い放熱シートを提供する。

【解決手段】 平均アスペクト比が3未満の黒鉛質炭素繊維1をマトリックス樹脂2中に分散させて放熱シートAを形成する。黒鉛質炭素繊維1をその繊維長方向がランダムな方向に向くようにマトリックス樹脂2中に分散させることができる。この結果、黒鉛質炭素繊維1は熱伝導率に異方性があるにもかかわらず、厚み方向の熱伝導率が厚み方向と垂直な面方向の熱伝導率と等しい放熱シートAを得ることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 平均アスペクト比が3未満の黒鉛質炭素纖維をマトリックス樹脂中に分散させて形成されたことを特徴とする放熱シート。

【請求項2】 黒鉛質炭素纖維の纖維長方向の熱伝導率が100W/mK以上であることを特徴とする請求項1に記載の放熱シート。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、電子部品等と放熱器との間に配置され、電子部品等から発生する熱を放熱器に伝えて放熱するために使用される放熱シートに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 近年、パーソナルコンピュータ（パソコン）やワークステーションなどの著しい進化や普及と共に、これらに使用されるマイクロプロセッサー（MPU）の高性能化が進んでいる。しかし、トランジスタ集積度やクロック周波数の増加によるMPUの高性能化が進む一方で、それに伴うMPUからの発熱量の増加をどう処理するかが深刻な問題となりつつある。この対策として、動作電圧の低減やMPUの未使用部分への電力供給カットなど、さまざまな方策がチップメーカーにより検討されているが、これにもかかわらず高性能化による発熱量の増加が年々進んでいるのが実情である。

【0003】 一方、半導体のパッケージングなどに用いる放熱器は様々な工夫がなされており、例えば、放熱効率を上げるために、通風効率を考慮しながら表面積を大きくしたアルミニウム放熱フィンや、このアルミニウム放熱フィンに小型ファンモーターを組み合わせたものなどが開発され、実用化されている。そして、従来は放熱器が不要であったMPUについても、上記のように発熱量の増加によって、放熱器を用いなければ放熱し切れなくなっている。すなわち、MPUの表面に放熱器を設け、MPUから発熱される熱を放熱器から放熱させるようしている。

【0004】 このように放熱のためにMPUなどの電子部品に放熱器を設けるにあたって、通常は電子部品と放熱器との間に放熱シートを配置する。電子部品と放熱器とを直接接合すると、放熱器の接合面の微小な反りやうねりから、電子部品と放熱器の間に空隙が生じ、この空隙が熱伝導の大きな抵抗となる。このために、電子部品と放熱器の間に放熱シートを配置して放熱器の接合面の微小な反りやうねりに沿わせることによって、電子部品と放熱器の間に空隙が生じることを防ぐようしているのである。

【0005】 放熱シートとしては、柔軟性を持ったゴム性状のものや、両面に接着剤をコーティングしたテープ状のものなどがあるが、放熱シートの熱伝導率を上げるために、特開平3-151658号公報等で提供されて

10

20

30

40

50

いるように窒化ホウ素（BN）やアルミナなどの無機フィラーをマトリックス樹脂に混合分散することが行なわれている。特に発熱量の大きい高性能MPUには無機フィラーを配合して高熱伝導率化が図られた放熱シートを介して放熱器を取り付けることがなされている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、前述のようにMPUの発熱量は益々増加していく傾向にあり、またノートパソコンやサブノートパソコンに代表されるように電子機器の小型化も進行しており、MPUなどの電子部品を非常に狭いスペースに納めなければならないというニーズも増加しており、あまり大きな放熱器を取り付けることができず、放熱のためのスペースを大きく取ることができない場合が多い。

【0007】 従ってMPU等の電子部品から発生した熱をできるだけ効率良く放熱器から放熱することができるようとする必要があり、このためには、電子部品と放熱器との間に介在される放熱シートの熱抵抗をできるだけ低減して、電子部品から放熱器への熱伝導の効率を高める必要がある。つまり放熱シートの熱伝導率をできるだけ高くする必要がある。

【0008】 しかし、特開平3-151658号公報等で提供されている、無機フィラーとして窒化ホウ素を混入した放熱シートの熱伝導率は4W/mK程度であり、現時点ではもはや十分であるとはいえない。本発明は上記の点に鑑みてなされたものであり、熱伝導性の高い放熱シートを提供することを目的とするものである。

【0009】

【課題を解決するための手段】 本発明に係る放熱シートは、平均アスペクト比（纖維長/纖維径）が3未満の黒鉛質炭素纖維をマトリックス樹脂中に分散させて形成されたことを特徴とするものである。また請求項2の発明は、黒鉛質炭素纖維の纖維長方向の熱伝導率が100W/mK以上であることを特徴とするものである。

【0010】

【発明の実施の形態】 以下、本発明の実施の形態を説明する。本発明では無機質フィラーとして、窒化ホウ素やアルミナ等よりも高熱伝導率を有する黒鉛質炭素纖維を用いる。黒鉛質炭素纖維は、石油ピッチもしくは石炭ピッチのうち、異方性ピッチを原料として、熔融紡糸、不融化、炭化などの工程を経て、最終的に1600°C~3000°C程度の高温で熱処理することによって黒鉛化して製造されている。この高温での熱処理によって、黒鉛結晶の層間隔が狭くなると共に同時に結晶子の大きさが大きくなり、黒鉛の熱伝導性や電気伝導性が高くなることが知られている。

【0011】 またピッチを出発原料として用いるものとは別に、気相成長により黒鉛質炭素纖維を合成する方法もあり、気相成長炭素纖維（VGCF: V a p e r - G r o w n C a r b o n - F i b e r）として知られて

いる。これは炭化水素ガスを鉄などの遷移金属を触媒として熱分解し、繊維状の炭素として成長させるものであり、上記のピッチ系の黒鉛質炭素繊維と同様に熱処理することによって黒鉛化させるが、このものも熱処理温度が高い程、熱伝導性が向上する傾向がある。

【0012】上記のように黒鉛質炭素繊維の熱伝導率は出発原料や調製方法、熱処理温度によって変わってくるものであり、各種の熱伝導率の黒鉛質炭素繊維が市販品として提供されている。また、黒鉛質炭素繊維は熱伝導率に異方性があるという特徴がある。黒鉛の結晶の基本的な構造は図2に示すように、炭素原子からなる正六角環がその平面上で多数連なって巨大な網状平面を作り、この網状平面が平行に積み重なった層状構造をとっている。そして黒鉛質炭素繊維の熱伝導率は、この正六角環の網状平面の方向（図2のa-b方向）が高く、網状平面と垂直な方向、すなわち層が積み重なる方向（図2のc方向）が低くなっている。網状平面と垂直な方向の熱伝導率は網状平面の方向の熱伝導率に比べて200分の1から400分の1程度であるといわれている。例えば、黒鉛の結晶が理想的な状態に近いものでは、網状平面の方向の熱伝導率が300Kで1950W/mKであるのに対して、網状平面と垂直な方向の熱伝導率は5.7W/mKであるという報告がある。

【0013】一方、黒鉛質炭素繊維の場合、繊維の長手方向（繊維長方向）は、黒鉛の結晶の上記の正六角環の網状平面の方向（図2のa-b方向）と一致し、繊維の径方向は、網状平面と垂直な方向（図2のc方向）と一致する。従って、黒鉛質炭素繊維では繊維長方向の熱伝導率は高く、繊維径方向の熱伝導率は低く、例えば繊維長方向の熱伝導率が1000W/mKであっても、繊維径方向は5W/mK以下程度の熱伝導率しか得られない場合がある。

【0014】黒鉛質炭素繊維はこのように異方性はあるが、熱伝導率が極めて高いということも特徴である。すなわち、現在市販されている窒化ホウ素は62W/mK程度の熱伝導率である。これに対して、黒鉛質炭素繊維の熱伝導率は既述のように熱処理温度などの諸条件で変わってくるが、例えば石油ピッチを出発原料とし、300°Cで熱処理を施したものでは、繊維長方向の熱伝導率が1000W/mK程度の高い熱伝導率になる。

【0015】従って、このような高い熱伝導率を有する黒鉛質炭素繊維を粉碎したミルドをマトリックス樹脂に混入することによって、熱伝導率の高い放熱シートを得ることができるが、黒鉛質炭素繊維の熱伝導率には異方性があるので、黒鉛質炭素繊維のマトリックス樹脂中の配向性が重要となる。すなわち、放熱シートは通常、電子部品などの発熱体と放熱器との間に挟んで使用されるために、放熱シートの熱伝導性は面方向よりも厚み方向で重要であり、放熱シートの面方向の熱伝導率が低くても、放熱シートの厚み方向の熱伝導率が高ければ、電

子部品などの発熱体からの熱は疎外を余り受けることなしに放熱器にスムーズに伝えられ、放熱器から効率良く放熱される。このことからして、黒鉛質炭素繊維の熱伝導率の高い方向、すなわち繊維長方向が放熱シートの厚み方向に平行に並ぶように配向させるのが良いことが分かる。

【0016】しかし現実的には、放熱シートの厚み方向と平行に黒鉛質炭素繊維の繊維方向を並べるのは非常に困難である。すなわち、黒鉛質炭素繊維を粉碎したミルドをマトリックス樹脂と混練し、ドクターブレード法などで図1(a)に示すような放熱シートAを成形した場合、黒鉛質炭素繊維1はマトリックス樹脂2の成形の際の流れ方向に従って配向し、図1(b)のように黒鉛質炭素繊維1の殆どはその繊維長方向が放熱シートAの厚み方向（図1(a)のz方向）とは垂直な放熱シートAの面方向（図1(a)のx-y方向）を向くように配向してしまう。これはマトリックス樹脂2の流動に対して抵抗となる黒鉛質炭素繊維1が、最も抵抗の少ない方向に向こうとするからであり、この配向の傾向は黒鉛質炭素繊維1のアスペクト比（繊維長/繊維径）が大きい程、大きくなる。従って、放熱シートAの厚み方向には黒鉛質炭素繊維1の熱伝導率が低い繊維径方向が配向し、放熱シートAの面方向には黒鉛質炭素繊維1の熱伝導率が高い繊維長方向が配向することになり、この結果、例えば繊維径が10μm、繊維長が50μm以上、つまりアスペクト比が5以上の黒鉛質炭素繊維1を用いた場合、放熱シートAの熱伝導率は、厚み方向が面方向の1/10以下になり、厚み方向に熱伝導性の高い放熱シートAを得ることは難しい。

【0017】このような問題に対して、前述の特開平3-151658号公報において、フィラーの長手方向を放熱シートの厚み方向に配向させる方法が提案されている。その第一の方法は、マトリックス樹脂とフィラーとの混練物を押出機によりシート状に押し出し、この押し出したシートを厚み方向と平行にスライスした後、スライス面でプレスして放熱シートに成形する方法であり、第二の方法は、マトリックス樹脂100重量部に対してフィラーを200重量部以上配合して混練することによってフィラーの外周にマトリックス樹脂をコーティングされた粉末ゴム状成形材料を作製し、これを金型に入れて厚み方向と垂直な方向に圧力をかけて成形するという方法である。これらの方法によってフィラーの長手方向を放熱シートの厚み方向に配向させることは可能である。しかしながら、第一の方法では、押出成形、スライス、プレスと幾つもの工程を必要として生産効率が悪く、また第二の方法では厚み方向と垂直な方向に圧力をかけて成形するために例えば厚みが0.2mm程度の薄い放熱シートを成形することは非常に困難であり、いずれも放熱シートを製造する方法としては実用的ではない。

【0018】そこで本発明者は、熱伝導率に異方性のある黒鉛質炭素纖維1を、放熱シートAの厚み方向に纖維長方向を配向させる非実用的な方法を採用するのではなく、纖維長方向がランダムな方向に向くようにすることによって、厚み方向の熱伝導率が高い放熱シートAを得るようとした。マトリックス樹脂2中で黒鉛質炭素纖維1がその纖維長方向がランダムな方向を向くように混入された図1(c)の放熱シートAは、その厚み方向(図1(a)のz方向)の熱伝導率は厚み方向と垂直な面方向(図1(a)のx-y方向)の熱伝導率と等しくなるが、黒鉛質炭素纖維1の纖維長方向が厚み方向と垂直な方向に配向する図1(b)の放熱シートAに比べて、厚み方向の熱伝導率ははるかに高い値が得られるものであり、しかも黒鉛質炭素纖維1は窒化ホウ素等よりも熱伝導率の高いものが得られるので、従来のものよりも厚み方向の熱伝導率が高い放熱シートAを得ることができるのである。

【0019】ここで既述のように、黒鉛質炭素繊維のアスペクト比が大きい程、黒鉛質炭素繊維はマトリックス樹脂の成形時の流れ方向に配向する傾向が高くなる。そこで本発明者は、黒鉛質炭素繊維を平均アスペクト比が3未満になるように調整しておき、この黒鉛質炭素繊維をマトリックス樹脂に混練して用いることによって、放熱シートAを成形する際にマトリックス樹脂の流れに黒鉛質炭素繊維の向きが影響を受けず、黒鉛質炭素繊維はその繊維長方向がランダムな方向に向くことを、実験的に確認して本発明を完成したものである。

【0020】この平均アスペクト比が3未満の黒鉛質炭素繊維としては、黒鉛質炭素繊維のストランド等を粉碎して得たものを使用することができるが、石油や石炭のメソフェーズピッチから得られるメソフェーズ小球体の黒鉛化物を使用することもできるものであり、このものは形状が球体であるのでアスペクト比は1である。また繊維径よりも繊維長が短いアスペクト比が1未満の黒鉛質炭素繊維も用いることができるのはいうまでもない。従って本発明において平均アスペクト比の下限は特に設定されないが、実用的には平均アスペクト比0.5程度を下限とするのがよい。

【0021】また既述のように、黒鉛質炭素纖維の熱伝導率は出発原料や調製方法、熱処理温度によって変わってくるが、本発明では纖維長方向の熱伝導率が100W/mK以上の黒鉛質炭素纖維を用いるのが好ましい。纖維長方向の熱伝導率が100W/mK未満の黒鉛質炭素纖維を用いた場合には、無機フィラーとして窒化ホウ素を使用したものと有意な差を出すことが難しくなる。黒鉛質炭素纖維の熱伝導率が高ければ高い程、放熱シートAの熱伝導率も高めることができるので、黒鉛質炭素纖維の熱伝導率の上限は特に設定されるものではないが、黒鉛質炭素纖維の纖維長方向の熱伝導率が200W/mK以上を超えるものを製造することは難しく、実用的

10

20

30

40

50

にはこれが上限である。

【0022】一方、マトリックス樹脂としては可撓性を有するものを用いる必要がある。放熱シートはMPUなどの電子部品と放熱器との間に挟み込んで使用することによって、電子部品と放熱器との間に空隙が生じないようになると共に、電子部品と放熱器との間に生じる熱的な応力や放熱器から電子部品への振動などを吸収・緩衝することを重要な役割としているものであり、外的な力に対して放熱シートAを変形させるためにマトリックス樹脂として可撓性を有するものを用いるのである。

【0023】このようなマトリックス樹脂としては特に限定するものではないが、柔軟性に優れているという点でシリコーンゲルもしくはシリコーンゴムなどが好ましく、その他、ポリブタジエン系、ブタジエンスチレン系、ブタジエンアクリロニトリル系、ポリクロロブレン系、ポリイソブレン系、クロルスルホン化ポリエチレン系、ポリイソブチレン系、イソブチレンイソブレン系、アクリル系、多硫化系、ウレタン系、フッ素系などの合成ゴムを例示することができる。

【0024】マトリックス樹脂に混合する黒鉛質炭素繊維の量については、黒鉛質炭素繊維の量が多いほうが熱伝導率が高くなるが、黒鉛質炭素繊維の量が多くなり過ぎると放熱シートの成形性や強度に問題が生じる。従って、限定する趣旨ではないが、熱伝導率と成形性や強度のバランスを考慮すると、マトリックス樹脂に対して黒鉛質炭素繊維を20～70v/o 1%の範囲で混合するのが好ましく、40～60v/o 1%の範囲がより好ましい。

【0025】そして、マトリックス樹脂に黒鉛質炭素繊維を混合して混練し、これをシート成形することによって放熱シートを得ることができる。シート成形法としては各種の工法を採用することができ、特に限定されないが、薄い放熱シートの場合にはドクターブレード法やカレンダー成形法が適しており、厚い放熱シートの場合には押出成形法が適している。ドクターブレード法は例えば図3に示すようにしてシートを成形する方法である。すなわち、コンベアベルト5の上にガラス板6を敷き並べ、この上方にキャスティングヘッド7とブレード8とを配置し、キャスティングヘッド7とブレード8の間にマトリックス樹脂に黒鉛質炭素繊維を混合して調製したスラリー9を供給する。そしてコンベアベルト5の上にガラス板6を介して離型処理をしたP E T フィルムなどの離型フィルム10を供給し、図3の矢印のようにコンベアベルト5と共に送ってこの離型フィルム7をキャスティングヘッド7とブレード8の下側を通過させ、ブレード8で厚みを調整しながら離型フィルム7の上に所定厚みでスラリー9を塗布し、そしてこれを硬化させることによって放熱シートAを成形することができる。上記のいずれの成形法においても、成形の際にマトリックス樹脂はシートの面方向に流動されるので、黒鉛質炭素繊

維をランダムな向きに分散させた放熱シートを製造するには、平均アスペクト比が3未満の黒鉛質炭素繊維を用いる必要がある。

【0026】

【実施例】以下、本発明を実施例によって例証する。

(実施例1) 繊維長方向の熱伝導率が1000W/mK、繊維径方向の熱伝導率が5W/mK、繊維径が10μmで平均繊維長が10μmの黒鉛質炭素繊維(平均アスペクト比1)を用い、これを2液性付加反応型シリコーンゲル(東レダウコーニングシリコーン株式会社製「SE-1885」)に40v/o 1%の配合量で混合して混練した。この混練スラリーを、表面に離型処理がされたPETフィルムの上に流して図3に示すドクターブレード法により厚み0.5mmに成形し、そしてこれを80℃で30分間硬化処理を施すことによって、放熱シートを得た。

【0027】(実施例2) 繊維長方向の熱伝導率が1000W/mK、繊維径方向の熱伝導率が5W/mK、繊維径が10μmで平均繊維長が25μmの黒鉛質炭素繊維(平均アスペクト比2.5)を用いるようにした他は、実施例1と同様にして放熱シートを得た。

【0028】(実施例3) 繊維長方向の熱伝導率が110W/mK、繊維径方向の熱伝導率が1W/mK、繊維径が10μmで平均繊維長が10μmの黒鉛質炭素繊維(平均アスペクト比1)を用いるようにした他は、実施例1と同様にして放熱シートを得た。

* (実施例4) 繊維長方向の熱伝導率が80W/mK、繊維径方向の熱伝導率が1W/mK、繊維径が10μmで平均繊維長が10μmの黒鉛質炭素繊維(平均アスペクト比1)を用いる他は、実施例1と同様にして放熱シートを得た。

【0029】(比較例1) 繊維長方向の熱伝導率が1000W/mK、繊維径方向の熱伝導率が5W/mK、繊維径が10μmで平均繊維長が100μmの黒鉛質炭素繊維(平均アスペクト比10)を用いるようにした他は、実施例1と同様にして放熱シートを得た。

【0030】(比較例2) 热伝導率が62W/mK、平均粒径が10μmの窒化ホウ素粉を用い、これを実施例1と同じ2液性付加反応型シリコーンゲルに40v/o 1%の配合量で混合して混練した。この混練物を、表面に離型処理がされたPETフィルムを用いて、カレンダー成形法により厚み0.5mmに成形し、そしてこれを80℃で30分間硬化処理を施すことによって、放熱シートを得た。

【0031】上記のように実施例1~4及び比較例1, 2について、放熱シートの厚み方向(図1(a)のz方向)、と面方向(図1(a)のx-y方向)の熱伝導率をJIS A 1412に規定される平板比較法に基づいて測定した。結果を表1に示す。

【0032】

【表1】

		実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	比較例1	比較例2
黒鉛質炭素繊維	平均アスペクト比	1	2.5	1	1	10	-
	繊維長方向の熱伝導率(W/mK)	1000	1000	110	80	1000	-
	放熱シートの厚み方向の熱伝導率(W/mK)	10	9	5	4	1	4
	放熱シートの面方向の熱伝導率(W/mK)	10	11	5	4	18	4

【0033】表1にみられるように、平均アスペクト比が10の黒鉛質炭素繊維を用いた比較例1のものは、黒鉛質炭素繊維が配向するために放熱シートの厚み方向の熱伝導率が低いが、平均アスペクト比が3未満の黒鉛質炭素繊維を用いた各実施例のものは、放熱シートの厚み方向と面方向の熱伝導率が近くなつており、放熱シートの厚み方向の熱伝導率は十分なものであった。また実施例3, 4及び比較例2を比較すると、黒鉛質炭素繊維として繊維長方向の熱伝導率が100W/mK以上のものを用いるのが好ましいことが確認される。

【0034】

【発明の効果】上記のように本発明に係る放熱シートは、平均アスペクト比が3未満の黒鉛質炭素繊維をマトリックス樹脂中に分散させて形成するようにしたので、成形の際のマトリックス樹脂の流れに黒鉛質炭素繊維の向きが影響を受けなくなつて、黒鉛質炭素繊維をその繊維長方向がランダムな方向に向くようにマトリックス樹脂中に分散させることができるものであり、黒鉛質炭素繊維は熱伝導率に異方性があるにもかかわらず、厚み方向の熱伝導率が厚み方向と垂直な面方向の熱伝導率と近

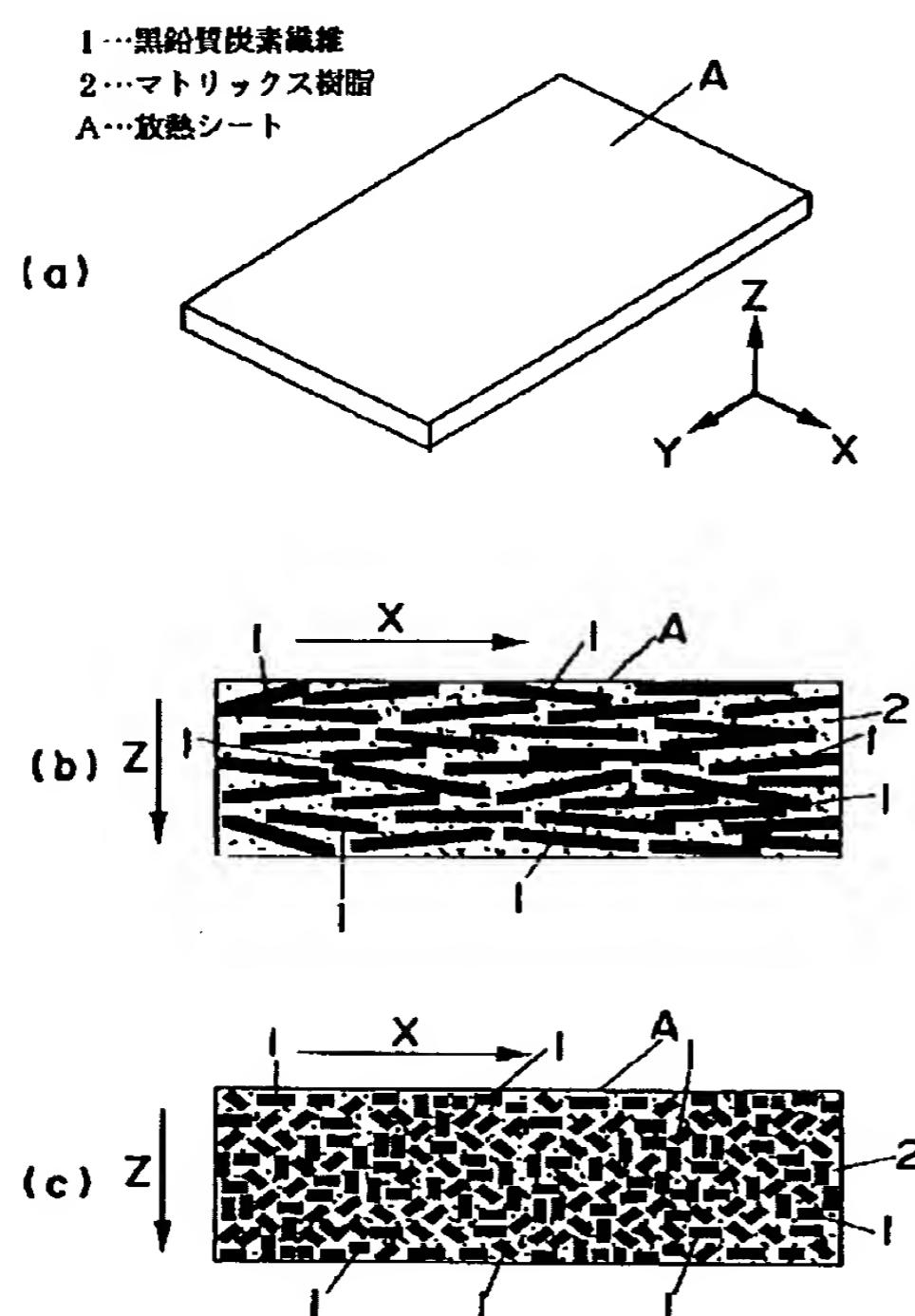
い放熱シートを得ることができるものであり、熱伝導率の高い黒鉛質炭素繊維によって従来のものよりも厚み方向の熱伝導率が高く、熱伝導性に優れた放熱シートを得ることができるものである。

【0035】また黒鉛質炭素繊維として繊維長方向の熱伝導率が100W/mK以上のものを用いることによって、従来のものよりも厚み方向の熱伝導率が高い放熱シートを確実に得ることができるものである。

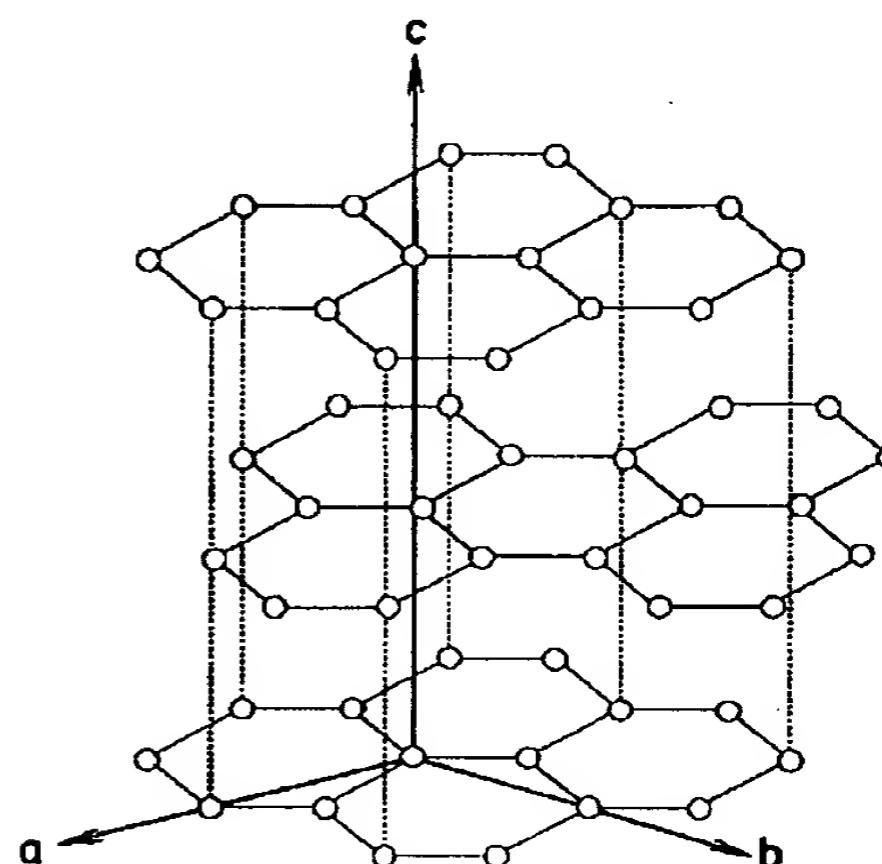
【図面の簡単な説明】

【図1】(a)は放熱シートの斜視図、(b)は黒鉛質 10

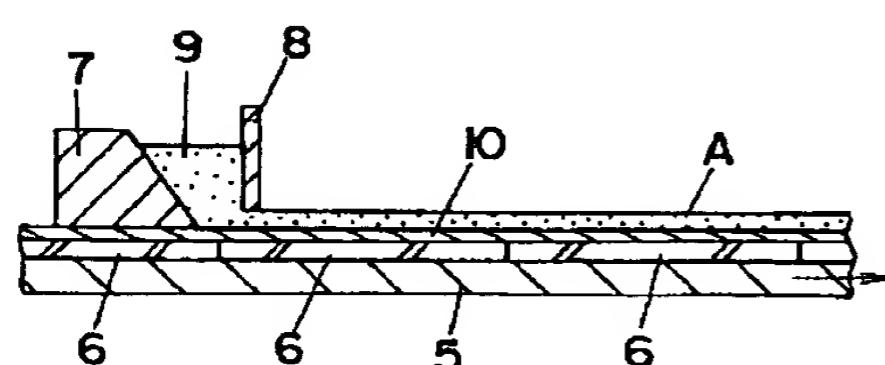
【図1】



【図2】



【図3】



炭素繊維の繊維長方向が面方向に配向した放熱シートの断面図、(c)は黒鉛質炭素繊維の繊維長方向がランダムな向きを向く放熱シートの断面図である。

【図2】黒鉛の結晶構造を示す図である。

【図3】ドクターブレード法を示す概略図である。

【符号の説明】

- 1 黒鉛質炭素繊維
- 2 マトリックス樹脂
- A 放熱シート